



# 水流量标准装置

(2014年1月10日)

技  
术  
文  
件



丹东通博电器

[www.ddtop.com](http://www.ddtop.com)

丹东通博电器(集团)有限公司

## 目 录

1	设计依据.....	3
2	装置技术指标.....	3
3	主要设备技术指标、要求和特点.....	4
3.1	储水循环稳压系统.....	4
3.1.1	流量泵选择的依据.....	4
3.1.2	储水池.....	5
3.1.3	稳压罐.....	5
3.2	计量管线系统.....	6
3.2.1	检定管线.....	6
3.2.2	流量调节系统.....	6
3.2.3	标准流量计组.....	7
3.2.4	夹表器.....	7
3.3	称重标准系统.....	7
3.3.1	称重容器.....	7
3.3.2	称重标准器.....	8
3.3.3	换向器.....	8
3.4	变频调速系统.....	8
3.5	多媒体采集系统.....	9
3.6	浮子检定装置.....	9
4	装置不确定度分析计算.....	9
4.1	装置静态质量法不确定度粗算如下: .....	9
4.1.1	计时器的不确定度 $s_1$ 、 $u_1$ .....	9
4.1.2	电子衡器的不确定度 $s_2$ 、 $u_2$ :以 20t(1/4000)电子秤为例.....	10
4.1.3	换向器不确定度 $s_5$ 、 $s_6$ 、 $u_4$ .....	10
4.1.4	标准砝码不确定度 $u_F$ .....	11
4.2	标准表法不确定度粗算如下: .....	11
4.2.1	涡轮流量计的相对标准不确定度 $u_{21}$ .....	12
4.2.2	检定涡轮流量计的上一级标准装置的合成相对标准不确定度 $u_{22}$ .....	12
4.2.3	涡轮流量计的配套仪表引入的相对标准不确定度 $u_{23}$ .....	12
4.2.4	涡轮流量计检定时与使用条件不同而引起的相对标准不确定度 $u_{24}$ .....	12
4.2.5	数据采集、数据处理及通讯所引起的流量相对标准不确定度 $u_{25}$ .....	12
5	微机自动检定控制系统 (PLC+工控机) .....	13

5.1	控制系统硬件.....	13
5.2	装置软件和功能.....	13
5.2.1	控制功能.....	13
5.2.2	数据采集功能.....	13
5.2.3	数据处理功能.....	13
5.3	系统控制原理.....	14
5.4	系统控制硬件工作原理.....	15
5.5	系统控制软件系统.....	15

## 1 设计依据

- 《JJG 164-2000 液体流量标准装置检定规程》
- 《JJG 643-2003 标准表法流量标准装置检定规程》
- 《JJG 198-1994 速度式流量计检定规程》
- 《JJG 667-1997 液体容积式流量计检定规程》
- 《JJG 1038-2008 科里奥利质量流量计检定规程》
- 《JJG 640-1994 差压式流量计检定规程》
- 《JJG 257-2007 浮子流量计检定规程》
- 《JJG 1029-2007 涡街流量计检定规程》
- 《JJG 1033-2007 电磁流量计检定规程》
- 《JJG 1037-2008 涡轮流量计检定规程》
- 《JJG 1030-2007 超声波流量计检定规程》
- 《JJG 162-2007 冷水水表检定规程》

建设期间遇规程更新，按新规程执行。

## 2 装置技术指标

1. 检定方法：静态质量法（原级标准）+标准表法（传递标准）
2. 口径范围：DN50~DN600
3. 工艺结构：水平台位
4. 流量范围：1~5600m<sup>3</sup>/h
  - 静态质量法：1~1800m<sup>3</sup>/h
  - 标准表法：3~5600m<sup>3</sup>/h
5. 流量范围：静态质量法：0.1~7m/s
  - 标准表法（DN50~DN300）：0.3~7m/s
  - 标准表法（DN300~DN600）：0.3~5.6m/s
6. 装置的扩展不确定度：标准表（组）法：优于0.1%
  - 静态质量法：优于0.05%
7. 流量稳定性：优于0.2%

8. 稳压方式：变频稳压
9. 管路及法兰材质：304 不锈钢，成分 0Cr18Ni9
10. 检定台位： 20000kg、 3000kg、 600kg、 150kg 共 4 台
11. 夹表器形式：双气缸气动夹表器
12. 基本检定管线：DN50、80/65、100、200/150/125、300/250、400/350、600/500/450 共计 7 条, 预留 DN800 管路接口和空间
13. 检表口径：DN50、DN65、DN80、DN100、DN125、DN150、DN200、DN250、DN300、DN350、DN400、DN450、DN500、DN600 共计 14 口径
14. 电磁流量计：DN300(3)、DN200、DN150、DN100、DN50 准确度优于 0.2 级，重复性优于 0.05%
15. 配备 M1 级砝码和自动校准加卸载系统，所配备砝码形状与大小与电子称配备的自动校准（加载）系统配合，达到自动加载对电子秤进行校准或检定。
16. 被检流量计种类：科里奥利质量流量计、涡轮流量计、涡街流量计、电磁流量计、超声流量计、液体容积式流量计、冷水水表、浮子流量计等
17. 检定介质：洁净水
18. 耗能功率：AC380V 总功率 670kW；（最大耗电功率 580kW）  
AC220V  $\leq$ 2kW。
19. 含 DN50~DN150 立式夹表器以及管路系统一套。
20. 装置流量稳定性：0.15%
21. 装置考核验收：由中国计量科学研究院指派专家现场考评验收并出具检定证书

### **3 主要设备技术指标、要求和特点**

#### **3.1 储水循环稳压系统**

##### **3.1.1 流量泵选择的依据**

通过多台泵组合方式, 能够覆盖最大流量, 并在满足流量调节的前提下充分考虑节能及经济性最优的原则。

➤ 泵的规格型号

由泵出口至喷嘴的沿途管线损失和局部损失进行计算，在  $v=7\text{m/s}$  时，水头损失，加上水池表面到喷嘴高度、泵吸水口损失，最终确定泵扬程  $H=29\text{m}$  以上，为确保最大流量  $5600\text{m}^3/\text{h}$ ，故选四台泵组合使用，参数如下：

KQSN600-N19            2 台     $H=29\text{m}$      $qv=2582\text{m}^3/\text{h}$      $P=280\text{kW}$

KQSN350-N13           1 台     $H=31\text{m}$      $qv=898\text{m}^3/\text{h}$      $P=110\text{kW}$

- 整套装置配备一套变频调速系统；一是作为泵启动的软启动器，二是保证始终有一台水泵处于变频状态便于系统流量调节同时也起到节能效果；电机总功率可以控制在  $600\text{kW}$  以内。

### 3.1.2 储水池

- 储水池容积

水池位于整套检定装置下方，占地面积  $24 \times 12 + 9 \times 10 = 378 \text{ (m}^2\text{)}$ ，深度为  $2.3 \text{ m}$ ，水池空间容量为  $756 \text{ m}^3$ 。实际水深为  $1.8\text{m}$ ，蓄水总量为  $680 \text{ m}^3$ ；

- 水池设计时，充分考虑工作时水气泡漩涡以及沉淀杂质等对水池的影响，以提高装置稳定性，同时便于以后的日常维护。

### 3.1.3 稳压罐：

稳压罐作为装置稳压最主要的部件与变频控制系统共同完成装置的稳压控制。

- 
- 为使稳压罐输出流量的压力波动值稳定在  $0.15\%$  以内，稳压容器内设隔板及多层带孔的网格，使检定管路的液体完全满足单相恒定流的要求；装置中的稳压罐一方面为系统提供稳定的压力、消除泵源波动，同时消除泵产生大部分气泡起到消气的功能。
- 稳压罐采用常规的立式罐（业内常用且经验成熟）。

## 3.2 计量管线系统

### 3.2.1 检定管线

- 检定管线为七条，平铺方式，规格：DN50、80/65、100、200/150/125、300/250、400/350、600/500/450 共计 7 条，预留 DN800 管路接口和空间
- 系统通过变径的方式保证在不增加管线及夹表器的前提下可检定上述 DN50～DN600 的 14 种口径流量计，并配齐各种变径接头。
- 本装置中的所有管线、法兰均采用不锈钢（304、0Cr18Ni9），管线焊接处及外观均打磨抛光为亚光色
- 装置汇管处安装自动排气阀，保证进入检定管线介质为单项状态。
- DN300 及以下口径试验管路需采用不锈钢标准管，内径应与被检表口径一致，壁厚要求：
  - DN50～DN150-----壁厚 $\geq 3.5\text{mm}$
  - DN200～DN300-----壁厚 $\geq 8.0\text{mm}$
- DN300 以上口径管路可采用不锈钢卷管，壁厚 $\geq 10\text{mm}$ ；
- 不锈钢管的材料和尺寸验收按 GB/T 17395-1998 和 GB/T 14976-2002 验收
- 被检表位处应适应 PN16、PN25、PN40 三种法兰连接
- 被检表前直管段 $\geq 20D$ ，被检表后直管段 $\geq 10D$ ，标准表前直管段 $\geq 10D$ ，标准表后直管段 $\geq 5D$
- 管路同轴度： $\leq 0.5\text{mm}/1000\text{mm}$

### 3.2.2 流量调节系统

流量统计系统主要由调节阀及变频调速两部分组成。变频调速实现粗调，调节阀实现细调，变频调速在后面的变频调速系统中单独介绍。

#### 5.2.2.1 流量调节阀

本装置中选用的调节阀为气动 V 型调节阀，其执行机构为进口的产品。此形式调节阀的调节性能为等百分比状态，其线性调节范围能达到 10%～90%，精度 1%，是其它形式调节阀无法比拟的。而且是我们使用的相当成熟的产品（南京市所、武汉石化水装

置、浙江联大水装置、独山子石化均使用此阀)，装置中选择如此高标准的调节阀是保证装置稳定度，降低调节时间所必须的。

### 3.2.3 标准流量计组

标准表法装置的标准器，承担着日常主要的检定方式。

6.2.3.1 本装置选用的精度等级优于 0.2 级的电磁流量计组成标准表组，其量程范围完全能够覆盖所有被测流量计流量点的检定。装置的标准表法是采用并联标准表的方式。电磁标准表的采用双励磁技术使得仪表的全量程线形和重复性均达到很好的指标，由于其具有很好的重复性我们在软件上可对其进行分段修正，尽量放宽标准表的量限。

6.2.3.2 标准表作为“质量法”检定时的瞬时流量指示，同时又可作为检定装置“标准表法”的标准器。装置具有的质量法可随时对标准表进行在线标定。不仅能更好保证量值传递的准确可靠，而且省去检定标准表时拆装过程的复杂劳动。此标准表是我们多次选用的成熟产品，其长期稳定性是经得起考验的。

### 3.2.4 夹表器

- 夹表器采用气动方式来夹紧被检流量计，夹紧力度可调节。
- 材质：采用不锈钢。
- 规格：DN50、DN80、DN100、DN200、DN300、DN400、DN600 各 1 台。
- 伸缩结构：外推式。
- 伸缩长度：DN50 的夹表器  $\geq 400\text{mm}$ ；
- DN100 的夹表器  $\geq 400\text{mm}$ ；
- 其他规格夹表器  $\geq 250\text{mm}$ 。
- 所有接液部位采用 304 不锈钢，材质性能优于 0Cr18Ni9。

## 3.3 称重标准系统

### 3.3.1 称重容器

6.3.1.1 称重容器为圆型不锈钢罐，圆型罐工艺性好且强度大，是大容积罐的首选。



6.3.1.2 称重容器在设计时，在称重容器底部四角加顶升机构，通过人工简单操作将称重容器抬离秤台，在装置长期闲置时保护衡器传感器，同时也便于电子秤的移出检修等。

### 3.3.2 称重标准器

6.3.2.1 为体现装置的高精度并确保装置的技术指标，我们选择合资的常州一托利多中高精度电子秤作为该套装置的称重标准器，电子秤的检定精度优于 1/6000（满量程精度）。

6.3.2.2 兼顾最大流量和最小流量点的检定时间（规程要求 30s~240s）且考虑在线检定所有标准表的需求，选择四台电子秤：12t、3t、600kg、150kg 各 1 台。电子秤作为整个装置的最高标准，其精度和稳定性均对整个装置指标具有重要意义。这样选择完全满足使用质量法对所有标准表的在线检测，此品牌的电子秤我们已经在多套装置中使用过，效果很好。

### 3.3.3 换向器

- 换向时间差 < 8ms；A 类不确定度 0.01%，B 类 0.005%
- 换向器采用气动摆动喷嘴式换向器，这种结构的换向器是目前国内普遍使用的换向器，我公司自行研制的此种换向器具有使用稳定、结构紧凑、换向噪音低等优点。
- 换向器材质：采用不锈钢（304），抛光成亚光色。

## 3.4 变频调速系统

6.4.1 本系统对流量和压力调节采用 PID 调节控制方式。

这种调节方式的优点是适时响应速度快，可以利用变频器厂家成熟的控制算法，提高调节的可靠程度。

6.4.2 在变频柜内增加热继电器起到过流过载的保护功能；同时变频器对于水泵电机还能起到软启动器功能，对水泵有很好的保护作用。

6.4.3 变频器为 ABB 品牌。

### 3.5 多媒体采集系统

装置通过多媒体采集系统，开展对无发讯仪表的连续检定工作。系统配备快门控制高清摄像头保证图像清晰信号同步，数据传输采用光纤传输把传输损失减少到最小。

### 3.6 浮子检定装置

利用装置的背压管处垂直安装夹表器解决浮子流量计检定问题，这样的空间摆布即节省空间又方便使用，通过增设变径管解决所用口径浮子检定问题。

## 4 装置不确定度分析计算

### 4.1 装置静态质量法不确定度粗算如下：

质量法装置相对不确定度公式：

$$u = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + s_5^2 + s_6^2 + u_1^2 + u_2^2 + u_4^2 + u_F^2} \quad (\text{式 7-1})$$

式中： $s_1$ 、 $u_1$ —计时器的不确定度

$s_2$ 、 $u_2$ —衡器的不确定度

$s_5$ 、 $s_6$ 、 $u_4$ —换向器的不确定度

$u_F$ —砝码的不确定度

#### 4.1.1 计时器的不确定度 $s_1$ 、 $u_1$

由于装置中计时器选择的是 12M 晶体，则晶振稳定度在  $10^{-6}$  的数量级上，其它各数据见下表(不确定度是 12M 晶体实际检定出的数据)

计时器	晶振稳定度 (%)	0.0001
	A 类相对标准不确定度 $s_1$ (%)	0.001

	B 类相对标准不确定度 $u_1$ (%)	0.0005
--	-----------------------	--------

#### 4.1.2 电子衡器的不确定度 $s_2$ 、 $u_2$ :以 20t(1/4000)电子秤为例

电子秤允许误差造成的不确定度  $u(m_1)$

设电子秤的允许误差为  $\pm 5\text{kg}$ , 按矩形分布考虑, 取  $k=\sqrt{3}$ ,

则:  $u(m_1)=2.88$  (kg)

电子秤分辨力的不确定度  $u(m_2)$

分辨力的为  $\pm 0.5\text{kg}$ , 按矩形分布考虑, 取  $k=\sqrt{3}$ ,

则:  $u(m_2)=0.29$  (kg)

电子秤的标准不确定度  $u(m)$ :

$$u(m) = \sqrt{[u(m_1)]^2 + [u(m_2)]^2} = \sqrt{2.88^2 + 0.29^2} = 2.89 \text{ (kg)}$$

电子秤的相对标准不确定度  $u_r(m)$

$$u_r(m) = \frac{u(m)}{m}$$

设电子秤的净称量值  $m$  为 18000kg, 则:

$$u_r(m) = \frac{u(m)}{m} = \frac{2.89}{18000} = 1.6 \times 10^{-4}$$

#### 4.1.3 换向器不确定度 $s_5$ 、 $s_6$ 、 $u_4$

$$s_5 = \frac{1}{t_{\min}} \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (t_{1i} - t_{1\lambda})^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (\text{式 7-2})$$

$$s_6 = \frac{1}{t_{\min}} \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (t_{2i} - t_{2\text{出}})^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (\text{式 7-3})$$

$$u_4 = \frac{t_{1\lambda} - t_{2\text{出}}}{4t_{\min}} \times 100\% \quad (\text{式 7-4})$$

以下数据为已做装置的实测数据:

$$s_5=0.006641\%$$

$$s_6=0.008057\%$$

$$u_4=0.003\%$$

#### 4.1.4 标准砝码不确定度 $u_F$

由于检定电子衡器时使用的为二、三等标准砝码其精度非常之高，其检定证书上有不确定度数据及标准号，现以用过的砝码不确定度代入  $u_F=0.0048\%$

把以上数据代入装置不确定公式：

$$\begin{aligned} u &= \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + s_5^2 + s_6^2 + u_1^2 + u_2^2 + u_4^2 + u_F^2} \\ &= (0.001\%^2 + 0.0005\%^2 + 0.016\%^2 + 0.006641\%^2 + 0.008057\%^2 + 0.003\%^2)^{1/2} \\ &= 0.02\% \end{aligned}$$

整个装置扩展不确定度  $U=ku$  ( $k=2$ )  $=0.02\% \times 2=0.04\%$

所以整个装置扩展不确定度  $\leq 0.05\%$  (静态质量法)；按照 1/10000 电子秤作分析其不确定度可做到 0.033%。

#### 4.2 标准表法不确定度粗算如下：

标准表法装置相对不确定度公式（按标准涡轮流量计输出为脉冲信号计算）：

$$u = \sqrt{u_{21}^2 + u_{22}^2 + u_{23}^2 + u_{24}^2 + u_{25}^2} \quad (\text{式 7-5})$$

式中： $u_{21}$ —涡轮流量计的相对标准不确定度

$u_{22}$ —检定涡轮流量计的上一级标准装置的合成相对标准不确定度

$u_{23}$ —涡轮流量计的配套仪表引入的相对标准不确定度

$u_{24}$ —涡轮流量计检定时与使用条件不一致，其影响引起的相对标准不确定度

$u_{25}$ —数据采集、信号处理、数据处理及通讯所引起的流量相对标准不确定度

#### 4.2.1 涡轮流量计的相对标准不确定度 $u_{21}$

$$u_{21} = \frac{sk_j}{K_j} \times 100\% \quad (\text{式 7-6})$$

$sk_j$ : 第  $j$  个检定点的仪表系数的相对标准偏差

$K_j$ : 第  $j$  个检定点的仪表系数的平均值

表 7-2 XXX 现场 DN50 标准涡轮流量计数据

流量 $\text{m}^3/\text{h}$	仪表系数 $1/\text{m}^3$	$u_j$ (%)
40.41	48538.24	0.005
25.20	48484.20	0.042
11.24	48460.87	0.021

$$u_{21} = u_{j\max} = 0.042\%$$

由于每条管线均有标准表则  $u_{21} = u_{21\max}$ 。

#### 4.2.2 检定涡轮流量计的上一级标准装置的合成相对标准不确定度 $u_{22}$

整个装置为标准表法与质量法合二为一，则标准表就可以用质量法 ( $U=0.05\%$ ,  $k=2$ ) 来检定，

$$u_{22} = U/2 = 0.025\%$$

#### 4.2.3 涡轮流量计的配套仪表引入的相对标准不确定度 $u_{23}$

#### 4.2.4 涡轮流量计检定时与使用条件不同而引起的相对标准不确定度 $u_{24}$

#### 4.2.5 数据采集、数据处理及通讯所引起的流量相对标准不确定度 $u_{25}$

根据给定条件取  $u_{23} = u_{24} = u_{25} = 0$

$$u = \sqrt{u_{21}^2 + u_{22}^2 + u_{23}^2 + u_{24}^2 + u_{25}^2} = (0.042\%^2 + 0.025\%^2)^{1/2} = 0.047\%$$

整个标准表法扩展不确定度  $U = ku$  ( $k=2$ )  $= 0.047\% \times 2 = 0.094\%$

## 5 微机自动检定控制系统（PLC+工控机）

### 5.1 控制系统硬件

采用 SIMENS 公司的 S7 系列 PLC。

### 5.2 装置软件和功能

计算机测控系统检定软件。可运行于 windows2000/windowsXP 环境下，同时满足以下要求。

#### 5.2.1 控制功能

- 泵后、标准流量计前、换向器前开关阀选择和开关；
- 标准流量计后流量调节阀的开度调节；
- 换向器的换向控制；
- 泵、空压机等设备的启停；

#### 5.2.2 数据采集功能

- 系统温度、压力、液位信号测量；
- 系统标准流量计流量信号测量；
- 系统被检流量计流量信号测量，包括 4-20mA、脉冲信号；
- 电子称信号测量；
- 阀位回讯及开关限位信号测量

#### 5.2.3 数据处理功能

- 按照国家检定规程进行检定数据处理和结果判定；
- 系统可以对各种标准流量计、被检流量计、温度传感器、压力传感器和其它控制系统构成

控制系统工作原理如下图 8-1 所示：

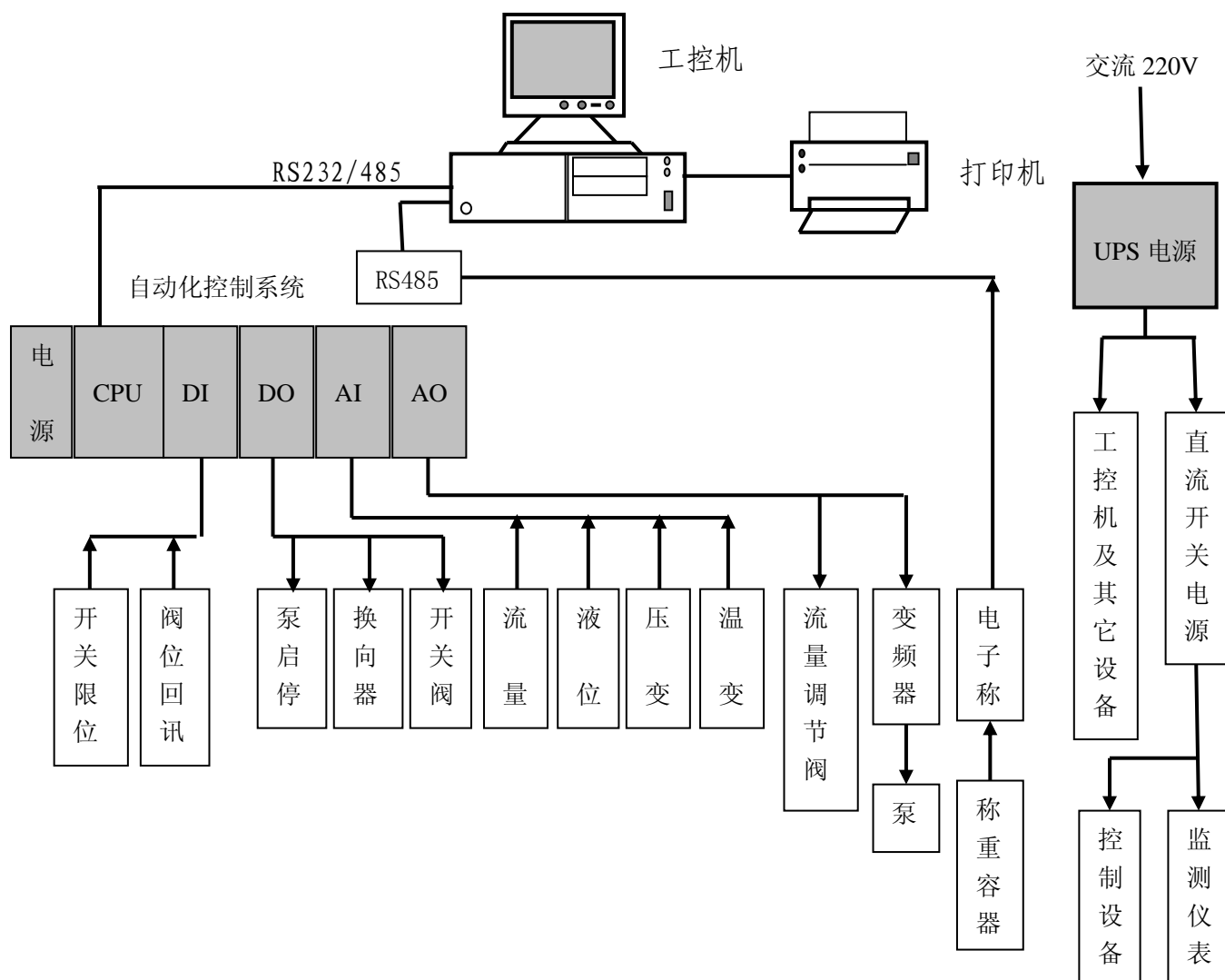


图 8-1 控制系统工作原理

装置控制系统所控制对象包括介质源系统、液体流量标定系统、液体流量标准装置称重选择系统、多媒体系统及其它设备，控制系统准确、可靠、高效的完成各子系统的测控和协调工作任务，从而实现流量计标定功能。

### 5.3 系统控制原理

为了满足气体流量检定系统的各项要求，控制系统采用上、下位机形式。系统以计算机为中心进行控制，实现自动控制。

下位机实现测量部分各种控制。对各种信号实时采集完成检定过程的控制，能够可靠的实现远程操作，也兼有数据前沿处理和管理功能。

上位机为先进的管控机，主要完成数据处理、文件管理、数据记录打印，并通过下位机完成各种数据的采集、自动控制相应的机构。

## 5.4 系统控制硬件工作原理

主要实现各种被检流量计、各种变送器自动采集，并输出多路控制信号自动控制流量达到检定要求。

通过下位机，可以实现气体流量检定各种数据自动采集和初步处理并采用标准通讯协议送达上位机。各种输入、输出模块均采用光电隔离，保证了系统的抗干扰能力。

## 5.5 系统控制软件系统

液体流量检定系统在数据的存储、计算和报表生成方面具有很强的灵活性。该系统使用现场总线与下位机通信，具有很强的抗干扰能力，能自动的对收发数据进行校验，保证数据准确可靠。通过上位机与下位机的交互，共同完成对整个装置的控制。软件运行主界面如下图：

